

## Wissenschaftliche Beiträge, Kurzberichte zu Projekten und Aktivitäten einzelner Arbeitsgruppen

### D. Piepenburg <sup>+</sup>, Jes Rust <sup>\*</sup>

<sup>+</sup> Institut für Polarökologie, Uni Kiel

<sup>\*</sup> Geologisch-Paläontologisches Institut, Uni Kiel

### Die Bodenfauna polarer Meeresgebiete - ein Arbeitsfeld ökologischer und paläontologischer Kooperation

#### Einleitung

Die Untersuchungen der Bodenfauna auf den "Polarstern"-Expeditionen ARK VI/4 1989 und ARK VII/2 1990 in die arktische Framstraße wurden von Ökologen und Paläontologen gemeinsam durchgeführt. Dies bot die Gelegenheit, an Bord über die Unterschiede und Gemeinsamkeiten in den konzeptionellen und methodischen Ansätzen beider Disziplinen zu diskutieren. Der folgende Aufsatz faßt die wichtigsten Punkte der Gespräche zusammen und gibt vielleicht Anregungen für eine noch intensivere Zusammenarbeit in zukünftigen Projekten, die unseres Erachtens für beide Seiten - "Rezent"-Ökologie und Paläontologie - von wissenschaftlichen Nutzen sein könnte.

**Ökologische Forschung** kann in Abhängigkeit von der raum-zeitlichen Skala der untersuchten Phänomene unter recht unterschiedlichen Ansätzen (Aut-, Dem- oder Synökologie sensu Schwerdtfeger 1977) und mit unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Methoden erfolgen. Kennzeichnend für die Ökologie ist, daß die Einzelergebnisse in einem größeren Zusammenhang interpretiert werden, der die Wechselbeziehungen zwischen den Organismen untereinander und zwischen den Organismen und ihrer Umwelt berücksichtigt. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer intensiven interdisziplinären Kommunikation und Kooperation, wie sie oft in integrierten Projekten verwirklicht wird. Fast immer zielen ökologische Untersuchungen auf die Erklärung rezenter Phänomene, die Berücksichtigung historischer Aspekte von Ökosystemen erfolgt aber relativ selten (v. Wahlert 1990).

Die **Paläontologie** ist - stark vereinfachend ausgedrückt - eine "Biologie der erdgeschichtlichen Vergangenheit". Eines ihrer Hauptziele ist die Beschreibung der phylogenetischen Entwicklung und Entfaltung des Lebens, ein anderes die Rekonstruktion vergangener Lebensräume. In jedem Fall erfolgen paläontologische Untersuchungen vor allem auf der Grundlage fossil überlieferter Indizien. Dabei kam es seit jeher beinahe zwangsläufig zu einer Integration von "klassischen" Teildisziplinen der Biologie (z.B. Taxonomie/Systematik, vergleichende Morphologie, Ontogenie, Biogeographie). Die Notwendigkeit für die Einbeziehung ökologischer Aspekte in paläontologische Untersuchungen (Aktuopaläontologie, Paläoökologie) ist nicht so offensichtlich, wurde aber bereits recht früh erkannt (siehe u.a. Böger 1970a). Dennoch gehört(e) die Kooperation mit Ökologen in gemeinsamen Projekten bislang eher zu den Ausnahmen.

Bei allen Unterschieden in der Terminologie und Methodik gibt es überraschend viele konzeptionelle Gemeinsamkeiten zwischen "rezenten" Ökologie - im folgenden als "Neontologie" bezeichnet - und Teilbereichen der Paläontologie. Der paläontologische Begriff der "**Biofazies**" steht in engstem inneren Zusammenhang zum Begriff der "**Biozönose**" (Schäfer 1963). Eine fossile Biofazies ist (meist) das Relikt einer ehemaligen Bodenbiozönose, kann aber zusätzlich vertikal sedimentierte und/oder lateral advectierte biogene und/oder sedimentäre Elemente aus dem Pelagial und/oder benachbarten benthischen Biotopen enthalten. Eine Biozönose besteht nicht aus toten, sondern aus lebenden, aktiven Komponenten, nämlich aus Populationen unterschiedlicher Arten, die in einem Lebensraum miteinander vorkommen und (vermutlich) interagieren. Die Biozönose ist also im Gegensatz zur Fazies ein nicht nur durch externe Faktoren bedingtes, sondern auch durch interne Wechselbeziehungen integriertes und gesteuertes System. Der Fazies-Begriff ist in erster Linie beschreibender Natur und dient der Abgrenzung von Sedimentkörpern, die sich in der Gesamtheit aller ihrer Eigenschaften von anderen unterscheiden. Er entspricht damit konzeptionell der pragmatischen, rein deskriptiven Definition einer faunistischen "Gemeinschaft" von Mills (1969). Die Abgrenzung und Analyse der Verteilung und Struktur von "Fazies" bzw. "Gemeinschaften" können mit derselben Auswertungsmethodik durchgeführt werden (Piepenburg, in Vorb.).

## Welchen Nutzen hat die Zusammenarbeit mit Paläontologen für die "Rezent"-Ökologie?

In benthosökologischen Untersuchungen ist der Nutzen geologischer Informationen über die Meeresbodenbeschaffenheit offensichtlich. Der Zusammenhang zwischen benthischen **Besiedlungsmustern** und **Biotopstrukturen** (Bodentopographie, Sedimentcharakter) läßt sich unmittelbar herstellen. Bestimmte Biozönosen bzw. Gemeinschaftsfraktionen sind im Regelfall konkreten "Sedimentfazies" zuzuordnen. Außerdem lassen sich aus Sedimentuntersuchungen Aussagen über den bodennahen Wasserkörper und über das Muster des lateralen Stoffflusses ableiten.

Lebensgemeinschaften bestehen aus einer Anzahl von Populationen unterschiedlicher Arten, deren systematische Zuordnung eine der Voraussetzungen für ein echtes Verständnis der synökologischen Zusammenhänge ist. Bei **taxonomischen** Problemen sind Ökologen in der Regel auf die Hilfe von Experten angewiesen. Spezialisten für die verschiedenen Taxa können Zoologen, aber auch Paläontologen sein.

Neben diesem mehr praktischen Nutzen gibt es aber auch weitergehende Gründe, in ökologischen Projekten paläontologische Untersuchungen zu integrieren. Viele Aspekte der Ökologie der Polargebiete sind nur unter Berücksichtigung der **erdgeschichtlichen Entwicklung** zu verstehen, so z.B. die frappierenden Unterschiede zwischen arktischen und antarktischen Ökosystemen.

Eine Berücksichtigung paläontologischer Aspekte in ökologischen Studien geschieht jedoch vergleichsweise selten, weil der moderne "**prozeß-orientierte**" Forschungsansatz zwangsläufig nur die Analyse von raum-zeitlich kleinskaligen Vorgängen erlaubt. Ziel derartiger Untersuchungen ist die Formulierung ökologischer Gesetzmäßigkeiten, die unabhängig von der räumlichen und/oder zeitlichen Eingebundenheit des untersuchten Phänomens generelle, globale Gültigkeit haben.

Ökologische Phänomene können jedoch sehr unterschiedliche raum-zeitliche Skalen aufweisen. Ökosysteme sind strukturell und funktional **hierarchisch** organisiert (O'Neill et al. 1986). Die Komplexität und raum-zeitliche Dimension der Strukturen und Prozesse nimmt dabei von einer Stufe zur nächsten zu. Außerdem steigt die Bedeutung der "**Geschichte**" des untersuchten Phänomens sowie der Einfluß seiner regionalen Rahmenbedingungen, und die Erstellung von Prognosen auf der Grundlage deterministischer Modelle wird zunehmend unsicherer. Dieses Konzept hat großen heuristischen Wert. Strenggenommen folgt aus ihm, daß die induktive Ableitung generell gültiger Prinzipien aus Untersuchungen von ökologischen Phänomenen höherer Hierarchiestufen nicht möglich ist, da diese wegen ihrer historischen und regionalen Bedingtheit "einmalig" sind und deshalb die theoretische Induktionsbasis fehlt.

In der marinen Benthosforschung - vor allem, wenn sie sich mit den Größenfraktionen der Makro- und Megafauna befaßt - entzieht sich die **räumliche Ausdehnung** der untersuchten Strukturen bzw. die **zeitlichen Raten** der untersuchten, ökologisch relevanten Prozesse oftmals einer direkten Erfassung und/oder experimentellen Analyse. Besonders deutlich wird diese Einschränkung für Studien in den Polargebieten, wo aus logistischen Gründen benthische Besiedlungsmuster nur fleckenhaft und/oder mit geringer Auflösung aufgenommen bzw. Vorgänge wie z.B. saisonale Veränderungen meist nur bruchstückhaft erfasst werden können.

Eine Rekonstruktion von raum-zeitlich großskaligen Prozessen - wie z.B. von saisonalen, aber auch interannuellen Sukzessionen oder noch längerfristigen Veränderungen von Ökosystemen - ist immer nur **indirekt** möglich, nämlich durch die Interpretation von Indizien, die in vergleichend-deskriptiven Strukturuntersuchungen erarbeitet werden müssen. Bei der Ableitung eines dynamischen Geschehens aus statischen Strukturen können Ökologen sinnvoll paläontologische Konzepte und Methoden nutzen. Das paläontologische Instrumentarium ist entwickelt worden für die Rekonstruktion der Evolution - eines extrem langsamen, langfristigen und meist nur durch bruchstückhaft vorliegende Indizien belegten Prozesses.

## Welchen Nutzen hat die Zusammenarbeit für die Paläontologie?

Die **aktuopaläontologische Methode** ist eine der wichtigsten Hilfen für die Rekonstruktion fossiler Lebensräume und ihrer organismischen Vielfalt. Insbesondere bei allen paläoökologisch ausgerichteten Untersuchungen ist die Projektion von Beobachtungen an rezenten Organismen und ihren Umwelten auf die erdgeschichtliche Vergangenheit ein mittlerweile unverzichtbares methodisches Konzept. Ökologische Untersuchungen der rezenten Biosphäre können die Entwicklung paläoökologischer Szenarien ganz wesentlich beeinflussen. Damit wird nicht nur der Nutzen, sondern die generelle Notwendigkeit der Zusammenarbeit zwischen Neontologen und Paläontologen offenkundig.

Fossile Organismen werden in der Regel nur durch ihre **Hartteile** überliefert. Deren Bildung unterliegt sowohl "äußeren", umweltbedingten Zwängen als auch "inneren", d.h. physiologischen, ontogenetischen u.ä. Einflüssen. Wesentliche Aspekte der **Morphogenese von Hartteilen** sind deshalb dem Paläontologen nicht oder nur in-

direkt zugänglich. Bei der funktionsmorphologischen und ökologischen Ausdeutung fossiler Relikte werden die "äußeren" Faktoren daher meist unverhältnismäßig stark hervorgehoben. Der Vergleich von fossilen mit rezenten Organismen kann grundlegend zu einer sinnvollen Deutung der Hartteilmorphologie beitragen und darüberhinaus den Zugang zu den "inneren" organismischen Abhängigkeiten eröffnen.

Eine Biofazies - das in Sediment geprägte Abbild einer ehemals vorhandenen Biozönose - besteht nun nicht nur aus den fossilen Organismen, sondern auch aus einer Vielzahl von fossilen **Spuren** und **Fährten**. Zahlreiche Taxa (z.B. Polychaeten) sind nahezu ausschließlich durch ihre Spuren fossil belegt. Die Analyse von rezenten Lebensspuren, wie sie z.B. auf Unterwasserphotos dokumentiert werden, bietet häufig die einzige Möglichkeit, fossile Spuren potentiellen Verursachern zuzuordnen und so ihre ehemalige ökologische Bedeutung bewerten zu können.

Für paläoökologische Untersuchungen ist es wichtig, die Prozesse nach dem Absterben eines Organismus oder einer organismischen Sozietät möglichst genau zu kennen (das ist Aufgabe der **Biostratonomie**). Damit verbunden ist die Frage nach den Entstehungsbedingungen einer Biofazies und dem Fossilisationspotential einer rezenten Biozönose. Organismen und Sediment werden dabei in eine funktionale Beziehung gesetzt (vergl. Böger 1970b). Hier wird die vermittelnde Stellung der Paläontologie zwischen Biologie und Geologie deutlich.

Die Meeresfauna arktischer Regionen ist erdgeschichtlich relativ jung und gilt z.B. gegenüber der antarktischen Fauna noch weitgehend "unausgereift". Das macht paläontologische Arbeiten in diesen Gebieten besonders reizvoll, denn eine Reihe zentraler evolutionsbiologischer Themen können hier unter idealen Bedingungen untersucht werden. So bilden z.B. viele "Arten" der arktischen Meeresgebiete "Formenkreise", die sich einer genauen taxonomischen Determination bislang entziehen. Das ist eine Folge von **Speziationsereignissen**, die zur Zeit durchlaufen werden, d.h. es sind Arten unmittelbar im Entstehen begriffen. Der Verlauf und die Mechanismen der Artentstehung können in arktischen Meeresgebieten an mehreren Taxa detailliert untersucht werden.

### Zusammenfassung

Abschließend bleibt festzuhalten, daß eine möglichst intensive Zusammenarbeit zwischen Ökologen und Paläontologen in vielen Fällen vorteilhaft, unter Umständen sogar zwingend geboten ist. Einerseits kann die Paläontologie substantiell zu einer historischen Analyse von Ökosystemen beitragen, andererseits können paläoökologische Analysen erst durch die Einbeziehung rezentökologischer Untersuchungen einen befriedigenden Beitrag zur Aufdeckung der Geschichte der Biosphäre liefern.

Im folgenden werden zusammenfassend konkrete Möglichkeiten für eine "**ökologisch-paläontologische**" **Zusammenarbeit** bei Untersuchungen am Meeresboden aufgeführt. Die Liste ist sicherlich nicht vollständig, liefert aber vielleicht einige Anregungen für eine intensivere Kooperation:

- gemeinsame **Beprobung** des Meeresbodens (mit Greifern, Trawls/Dredgen, optischen Methoden): Qualitative/quantitative Bestandsaufnahme der Fauna durch Ökologen, Erfassung der Sedimentfazies an der Oberfläche und/oder der vertikalen Sedimentabfolge durch Paläontologen
- Arbeitsteilung bei der **taxonomischen Bearbeitung** der rezenten, subrezent und fossilen Fauna
- gemeinsame Auswertung von **Unterwasserphotos/-videos**: Beziehung zwischen Biotopstrukturen und benthischen Besiedlungsmustern
- gemeinsame Analyse von **Spuren** und **Fährten** in Greiferproben bzw. auf UW-Bildern: paläoökologische Projektion rezentökologischer Untersuchungen zur Beziehung zwischen Spuren und Verursachern
- gemeinsame **funktionsmorphologische** bzw. **autökologische** Detailstudien: Ausprägung morphologischer Strukturen in Abhängigkeit von ihrer Funktion, "inneren", ontogenetisch-autökologischen Zwängen und "äußeren", umweltbedingten Faktoren
- Abgrenzung und Beschreibung der räumlichen Verteilung und Struktur von **Lebensgemeinschaften** bzw. **Fazies** mit denselben multivariaten statistischen Methoden; Charakterisierung im Hinblick auf ihre biozönotischen, litho- und biofaziellen Eigenheiten
- gemeinsame "**Kartierung**" der faunistischen und sedimentologischen Einheiten (Gemeinschaften bzw. Fazies): (1) heutige Verbreitung (Oberfläche), (2) zeitliche Entwicklung (Auftreten in der Sedimentsäule)
- Synthese der Ergebnisse und Erstellung eines **konzeptionellen Modells** der raum-zeitlichen Entwicklung des Ökosystems

## Literatur

- BÖGER H. (1970a): Bildung und Gebrauch von Begriffen in der Paläoökologie. - *Lethaia*, Vol.3: 243-269, Oslo.
- BÖGER H. (1970b): Paläoökologische Aspekte der Sedimentologie. - *Verh. Geol. B.-A.*, H.4: 532-544, Wien.
- MILLS E.L. (1969): The community concept in marine zoology, with comments on continua and instability in some marine communities; a review. - *J. Fish. Res. Bd. Can.* 26: 1415-1428.
- O'NEILL R.V., DEANGELIS D.L., WAIDE J.B. & ALLEN T.F.H. (1986): A hierarchical concept of ecosystems. - Princeton Univ. Press, Princeton, 253 pp.
- SCHÄFER W. (1963): Biozönose und Biofazies im marinen Bereich. - *Aufsätze und Reden senckenb. naturf. Ges.* 11: 1-36.
- SCHWERDTFEGGER F. (1977): Ökologie der Tiere (2. Auflage). Bd.1: Autökologie. Bd.2: Demökologie. Bd.3: Synökologie. Parey, Hamburg und Berlin.
- WAHLERT G. V. (1990): Zur Evolutionsökologie der Biosphäre. - In: Jüdes U., Eulefeld G. & Kapune T. (Hrsg.): *Evolution der Biosphäre*. S.51-62. Stuttgart: Hirzel, Wiss. Verl.-Ges. (Edition Universitas).